

Одним из дальнейших этапов разработки данного веб-ресурса является имитационное моделирование по той причине, чтобы проверить нагрузку сервера, так как в интернет-магазине могут за день быть тысячи пользователей и порой сайт не справляется с нагрузкой клиентов.

Можно сделать вывод, что работа веб-аналитика очень востребована и имеет свои преимущества. В настоящее время каждый веб-ресурс, который хочет иметь прибыль, постоянных клиентов, просто нуждается в анализе действий пользователя для улучшения, продвижения, востребованности, экономии бюджета.

УДК 004.258

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРЯМОГО ДОСТУПА К ПАМЯТИ В МИКРОКОНТРОЛЛЕРЕ STM32

Русак Е. О., Воюш Н. В.

Белорусский национальный технический университет

e-mail: egor19990206@gmail.com

**Summary.** *The problem of moving large amounts of data in microcontrollers is considered, an optimal solution based on the STM32 microcontroller is proposed - the use of direct memory access, the principle of operation and capabilities of DMA, physical interaction with data buses, as well as registers and interrupts has been explained.*

Копирование данных из одной области памяти в другую – довольно распространенная задача при разработке проектов и встраиваемых систем с использованием микроконтроллера. Если количество данных не велико, то никаких проблем и задержек как правило не возникает, но если необходимо перемещать большие массивы или быстро считывать данные с регистров, то операция копирования может забирать значительную часть процессорного времени, что повлечет за собой нестабильную работу всей системы.

Для решения этой задачи современных микроконтроллерах, в том числе и в микроконтроллере STM32, предусмотрен контроллер прямого доступа к памяти (Direct Memory Access, DMA). DMA осуществляет передачу данных между ячейками памяти без использования процессора.

Контроллер DMA может выполнять автоматическую передачу данных из памяти в память (M2M), из памяти в периферию (M2P) и из периферии в память (P2M). На рис. 1 представлена диаграмма шин данных.

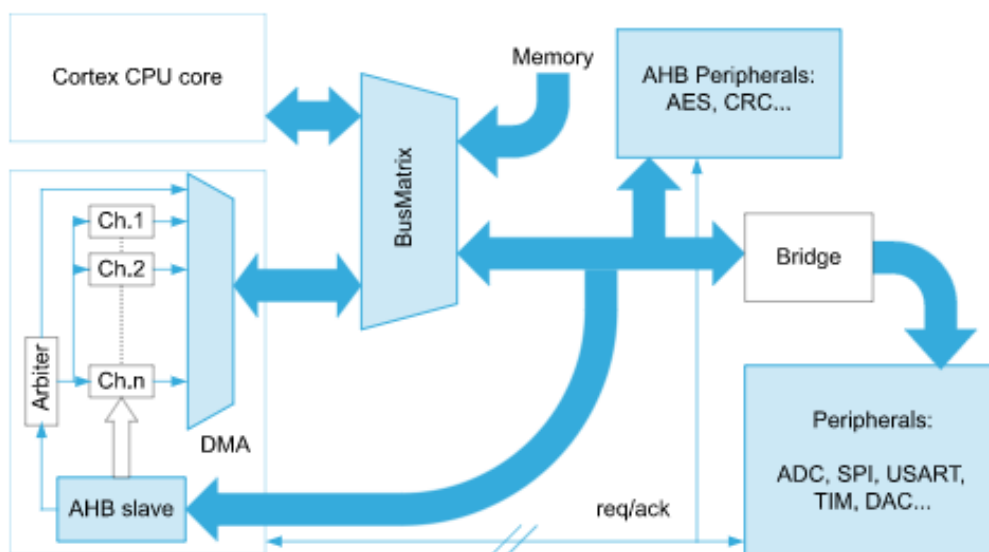


Рисунок 1 – Диаграмма шин данных

Как видно из рис. 1, передача данных из периферии в периферию невозможна.

DMA могут иметь один из четырех уровней приоритета: очень высокий, высокий, средний и низкий, также помимо уровней приоритета каналам присваивается номер. Это необходимо для возможности запуска нескольких каналов DMA одновременно, ориентируясь на приоритет канала специальная схема-арбитр позволяет работать в данный момент тому или иному каналу. Если же каналы имеют одинаковый приоритет, то арбитр определяет очередность работы по номеру, чем ниже номер – тем выше приоритет.

Физически DMA обращается к шине данных только для фактической передачи данных, благодаря структуре запроса вычисление адреса выполняется во время передачи данных по шине другими каналами DMA, таким образом, когда один канал DMA завершает передачу, другой уже готов к немедленной передаче, что обеспечивает минимальную загруженность шины и быструю передачу данных.

Еще одна особенность заключается в том, что DMA не занимает шину 100 % времени. Например, в микроконтроллере STM32 DMA занимает лишь 5 циклов шины АНВ для передачи одного слова между ячейками памяти, в то время как три из них все еще остаются незанятыми и свободными для доступа. Это означает, что DMA использует лишь 40 % времени шины и даже если выполняется интенсивная передача данных, то процессор может получить доступ к любой области памяти либо к периферийному устройству.

Программно каждым каналом можно управлять с помощью четырех регистров: адреса памяти, периферийного адреса, количества данных и конфигурации. И все каналы имеют два выделенных регистра: регистр состояния и регистр сброса. DMA может генерировать запросы на прерывания:

- передача закончена на половину. Например, если в выходном буфере недостаточно места;

- окончание передачи. Даже если процессор находится в режиме сна, как только выходной буфер заполнится, сгенерированный запрос выведет его в рабочее состояние для дальнейшей обработки;

- ошибка передачи. Например, если запись или чтение было произведено из непредусмотренных (зарезервированных) областей памяти.

Также DMA можно настроить на работу в циклическом режиме, т.е. когда индекс дойдет до края массива, то следующее значение будет записано в начало. Такая возможность удобна, когда, например, необходимо работать на одном АЦП с несколькими каналами, которые работают по очереди и загружают результаты преобразований в один единственный регистр.

Таким образом, DMA является инструментом с широким спектром функций, является идеальным решением для любого периферийного потока данных, позволяет значительно увеличивать скорости передачи данных без привлечения в работу ЦП, который в это время может выполнять другие задачи, либо может находиться в спящем режиме. Несмотря на все его преимущества, зачастую DMA не используется в проектах из-за сложностей настройки и программирования.